

BREVET D'INVENTION

Gr. 5. — Cl. 8.



980.726

Procédé et dispositif pour augmenter le rendement thermique des turbines à vapeur.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE résidant en France (Seine).

Demandé le 13 février 1943, à 13^h 11^m, à Paris.

Délivré le 3 janvier 1951. — Publié le 17 mai 1951.

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif permettant d'augmenter le rendement thermique des turbines à vapeur, plus particulièrement de celles qui fonctionnent à de très basses pressions, c'est-à-dire à de très faibles différences de température entre la source chaude et la source froide. C'est le cas, notamment, des turbines à vapeur d'océan, qui utilisent la faible chute calorifique entre les eaux de surface et les eaux profondes en mer tropicales.

Dans les turbines de ce genre, il y a intérêt à réaliser, en cascade, d'une part, l'évaporation de l'eau chaude (de surface) et, d'autre part, la condensation par l'eau froide (puisée en profondeur), ces opérations ayant lieu dans plusieurs évaporateurs et dans plusieurs condenseurs correspondants, que ces deux sortes d'eau parcourent respectivement en série.

Par exemple si, dans une telle turbine, on envisage une évaporation de l'eau chaude devant faire tomber sa température de 30° C à 27° C dans trois évaporateurs disposés en cascade et dimensionnés respectivement pour que chacun de ces évaporateurs fournisse un tiers de la vapeur totale, le premier évaporateur fournira un tiers du débit total de la vapeur à la température d'environ 29° C, le second un autre tiers à la température d'environ 28° C tandis que le dernier fournira le dernier tiers à la température de 27° C environ, c'est-à-dire à la température qu'aurait eu le débit total de la vapeur dans une évaporation à un seul étage.

De même si l'eau froide, servant à la condensation, doit au total être réchauffée de la température de 8° C à la température de 17° C, on aura, en réalisant la condensation en cascade dans trois évaporateurs élémentaires, au premier condenseur un vide correspondant à la température de 11° C, au second un vide correspondant à 14° C, enfin, au

dernier un vide correspondant à 17° C, ces vides s'appliquant respectivement aux tiers du débit total de vapeur, alors que dans la condensation en une seule étape, on aurait, pour toute vapeur, le plus mauvais des trois vides précédents, soit celui qui correspond à 18° C.

Par ce moyen, déjà connu, la chute calorifique utilisable est ainsi accrue dans des proportions importantes pour les 2/3 du débit total de vapeur, et l'on récupère, sur la turbine à vapeur, une puissance notablement supérieure pour les mêmes débits d'eau chaude et d'eau froide.

L'idée la plus naturelle pour utiliser dans la turbine les trois flux de vapeur, qui sont ainsi produits et condensés à trois couples de pressions différents, est de disposer sur l'arbre de la turbine, trois roues, recevant chacune, à l'une des trois températures fournies par le jeu d'évaporateurs, le débit de l'un des évaporateurs, c'est-à-dire le tiers du débit total, et le rejetant vers un condenseur. Ces trois roues fonctionnent ainsi en parallèle sur le débit total de vapeur.

Ce moyen peut être envisagé s'il s'agit de turbines de faible puissance mais, par suite de l'énorme volume des vapeurs qui traversent une turbine à basse pression telle que celle considérée, il soulève, pour les grandes puissances, des difficultés de réalisation. Le nombre et le volume des tuyauteries et conduits de vapeur obligent à écarter beaucoup les roues de la turbine les unes des autres, les dimensions en longueur de la turbine deviennent excessives.

Ces difficultés sont évitées par le moyen qui constitue l'objet de la présente invention.

Ce moyen consiste fondamentalement à faire agir le flux de vapeur provenant d'un évaporateur unique où les flux de vapeur provenant de plusieurs évaporateurs en cascade, respectivement sur l'un des jeux d'un ensemble de jeux d'aubages

portés par une même roue de turbine, chaque jeu d'aubages étant en communication avec un condenseur distinct faisant partie d'une chaîne de condenseurs disposés en cascade.

Le distributeur de vapeur à la roue sera divisé en autant de canaux de distribution élémentaires qu'il y aura d'évaporateurs et, par conséquent, de flux de vapeur.

S'il y a trois évaporateurs, il y aura trois flux de vapeurs à des températures différentes; la section de passage du distributeur de la turbine sera cloisonnée en trois parties et, de même, la section de passage à travers la roue motrice sera cloisonnée en trois parties, chacune d'elles étant en relation avec un condenseur distinct.

Si la turbine est axiale, le distributeur et l'ensemble des aubages seront cloisonnés radialement; si la turbine est radiale, le cloisonnement sera axial.

En somme, le dispositif conforme à l'invention est une combinaison de plusieurs jeux d'évaporateurs et de condenseurs, fonctionnant à des températures différentes, avec une même roue de turbine portant une couronne d'aubages divisés suivant leur longueur en autant de sections qu'il y a d'évaporateurs ou condenseurs, ces jeux de sections d'aubages recevant respectivement la vapeur d'un des évaporateurs et l'évacuant au condenseur correspondant, chaque évaporateur, jeu de sections d'aubages et condenseur se comportant comme une turbine indépendante, l'ensemble des parties ainsi constituées fonctionnant en parallèle sur la même roue.

En choisissant les degrés de réaction le long de ces différentes parties, on peut aboutir, pour les aubes, à un profil continu pour les différentes parties, ce qui présente un grand avantage du point de vue de la résistance à la force centrifuge, tout en respectant les conditions d'angles d'aubage imposées par l'obtention d'un bon rendement sur les divers flux de vapeur.

Il se trouve même qu'en accroissant progressivement la réaction dans le sens allant de l'axe vers la périphérie, afin de tenir pied à l'accroissement de la vitesse circonférentielle dans le même sens, on peut obtenir des aubes dont la largeur va en diminuant de l'axe vers la périphérie, ce qui peut faciliter leur tenue aux efforts centrifuges et leur résistance aux vibrations.

C'est ainsi que l'on pourra, par exemple, dans une turbine axiale, donner aux aubes situées le plus près de l'axe de la roue un profil correspondant à un fonctionnement par action, aux aubes voisines un degré de réaction moyen et à celles situées à la périphérie un degré de réaction maximum.

Les fuites marginales entre jeux d'aubages seront de peu d'importance relative à cause de la grande

longueur radiale des sections, de la faiblesse des différences de pression et de la grande valeur du volume spécifique. Elles pourront d'ailleurs être réduites par tous moyens déjà connus tels que réduction des jeux, montage de garnitures en clinquant sur les cloisons fixes et mobiles canalisant les flux de vapeur.

Le procédé, objet de l'invention, peut s'appliquer à un nombre quelconque de cascades, supérieur à un et il n'est pas nécessaire que le nombre des évaporateurs soit égal à celui des condenseurs. Par exemple, un seul évaporateur peut alimenter plusieurs condenseurs distincts à travers des aubages en nombre correspondant à celui des condenseurs.

Ce procédé peut, d'autre part, être appliqué à une turbine à roues multiples comportant plusieurs jeux d'aubages, les roues fonctionnant en parallèle ou en série.

Quoique le procédé convienne plus particulièrement bien aux turbines à très basse pression, il peut convenir également aux turbines à basse, à moyenne ou à haute pression bien que l'avantage de la condensation en cascade soit de plus en plus faible au fur et à mesure que la pression initiale est plus forte.

Le dessin ci-joint représente schématiquement divers exemples de réalisation du procédé.

Dans ce dessin :

Fig. 1 est une vue schématique, en coupe diamétrale, d'un premier mode de réalisation de l'invention;

Fig. 2 est une coupe analogue, en plan diamétral, d'une portion de turbine correspondant à la fig. 1;

Fig. 3, 4 et 5 sont des vues schématiques de variantes;

Fig. 6 est une vue en bout d'une aube à profil intérieur continu comportant des étages à degré de réaction allant de zéro à un maximum;

Fig. 7 est une élévation, vue de dos, de l'aube de la fig. 6;

Fig. 8 et 9 sont des élévations, vues de l'intérieur, de variantes de l'aube de la fig. 6.

Dans le schéma représenté à la fig. 1, une roue de turbine 1, calée sur un arbre 2, porte un jeu d'aubages divisés en trois parties 3, 4 et 5. Des évaporateurs E_1 , E_2 , E_3 , disposés en cascade, produisent chacun un flux de vapeur, à des températures différentes, les trois flux étant condensés, après leur passage à travers les aubages, dans des condenseurs C_1 , C_2 et C_3 également disposés en cascade.

Sous la forme où elle est représentée à la fig. 2, la turbine, comportant application de la disposition schématique à la fig. 1, se compose essentiellement d'un centre de roue 1 solidaire d'un axe 2. Ce centre de roue porte un jeu d'aubages radiaux

divisés en trois parties 3, 4, 5 séparées par des cloisons 6 et 7. Une jante 8, de système connu, relie entre eux les aubes 5 à la périphérie de la roue. Les aubages 3, 4 et 5 reçoivent respectivement à travers les aubages distributeurs 9, 10, 11 la vapeur produite par des évaporateurs en cascade de tout type connu et qui pour ce motif ne sont pas représentés. Ces évaporateurs produisent trois flux de vapeur, à des températures et des pressions différentes, qui sont amenés aux aubages distributeurs par les conduits de vapeur 12, 13, 14. Ces conduits sont reliés aux évaporateurs de manière à amener la vapeur à la plus haute pression aux parties 3 des aubes et celle à la plus basse pression aux parties 5 des aubes. Les condenseurs, fonctionnant en cascade, suivant une disposition connue, et qui ne sont pas représentés pour ce motif, sont reliés aux aubages 3, 4, 5 par des conduits 15, 16, 17. Le condenseur donnant le vide le plus poussé recevant, par le conduit 17, la vapeur de la partie 5 des aubes et celui donnant le vide le moins poussé la vapeur de la partie 3 des aubes par le conduit 16.

Ainsi qu'il a été spécifié plus haut, et conformément à ce qui est représenté au schéma de la fig. 3, les trois évaporateurs E_1 , E_2 et E_3 en cascade peuvent être remplacés par un seul évaporateur E . Dans ce cas le flux de vapeur à l'entrée est unique et au lieu de trois conduits d'arrivée de vapeur 12, 13, 14 il n'y en a alors qu'un qui alimente simultanément les trois aubages distributeurs 9, 10, 11.

Les fig. 4 et 5 représentent schématiquement le cas où l'on dispose, sur l'arbre 2, plusieurs roues, alimentées soit en série, soit en parallèle.

Dans le schéma de la fig. 4, les sections d'aubages correspondantes de chaque roue sont parcourues en série, respectivement par les flux de vapeur, provenant des évaporateurs E_1 , E_2 et E_3 , ces flux étant, après détente en plusieurs étages, amenés aux condenseurs C_1 , C_2 et C_3 .

Dans la disposition représentée à la fig. 5, les évaporateurs E_1 , E_2 , E_3 alimentent directement les diverses sections d'aubages de chaque roue, un même flux de vapeur ne traversant qu'une seule roue avant de se rendre au condenseur correspondant.

La fig. 2 a supposé des aubes de largeur constante d'un aubage au suivant mais les aubages pourraient aller, soit en diminuant de largeur, soit en augmentant de largeur. Une autre disposition est représentée, schématiquement aussi, aux fig. 6 et 7. Elle consiste à donner à l'aube une forme étagée par une diminution brusque de la largeur de l'aube en passant d'un étage d'aubage au suivant. Dans la forme de réalisation représentée, l'aube a un profil intérieur 18 constant sur toute sa longueur, mais elle a des largeurs L_1 , L_2 , L_3

qui vont en diminuant de l'axe vers la périphérie de la roue. Il s'ensuit des décrochements 19, 20 auxquels sont adaptés les aubages directeurs fixes de sortie de vapeur 21, 22, 23. Par suite des raccourcissements des largeurs des aubages moteurs les degrés de réaction vont en augmentant de l'axe vers la périphérie, l'aubage 3 ayant été représenté ici comme fonctionnant à action.

La diminution de largeur des aubes, au lieu de se faire par décrochements brusques, peut se faire de façon continue, ainsi qu'il est représenté aux fig. 8 et 9.

RÉSUMÉ.

L'invention a pour objet :

1° Un procédé d'alimentation des turbines, plus particulièrement des turbines à très basse pression, par exemple les turbines à vapeur d'océan, ce procédé étant caractérisé fondamentalement en ce que plusieurs condenseurs, fonctionnant en cascade, sont respectivement alimentés chacun à travers une partie d'un aubage de turbine propre à ce condenseur, par un flux de vapeur provenant d'un évaporateur unique ou de plusieurs évaporateurs en cascade produisant, par exemple, autant de flux qu'il y a d'aubages et, par conséquent, de condenseurs;

2° Un dispositif pour la réalisation de ce procédé, caractérisé fondamentalement par la combinaison, avec plusieurs jeux d'aubages, d'un ou plusieurs évaporateurs fournissant, soit un, soit plusieurs flux de vapeur à des températures distinctes et de plusieurs condenseurs fonctionnant en cascade et coopérant respectivement chacun avec un des aubages;

3° Dans un tel dispositif, le fait que :

a. Les jeux d'aubages solidaires d'une même roue de turbine sont concentriques sous forme d'un aubage général cloisonné dans le sens radial;

b. La turbine est axiale et les aubages sont cloisonnés dans le sens axial;

c. La largeur des aubages va en croissant, de leur pied à leur extrémité, en formant une aube continue cloisonnée;

d. La largeur des aubages va en décroissant, de leur pied à la périphérie, en formant une aube continue cloisonnée;

e. Les aubes sont formées de portions successives de largeur croissante ou décroissante, soit avec des décrochements au droit des cloisonnements, soit de façon continue;

f. Les aubes ont un profil intérieur continu et une génératrice commune d'attaque, tandis que les génératrices de fuite sont disposées en escalier et coïncident à leurs bases respectives avec des génératrices du profil intérieur;

g. Plusieurs roues à aubages cloisonnés ou non

[980.726]

— 4 —

sont montées à la suite les unes des autres sur un même arbre pour fonctionner en série en formant une turbine à plusieurs étages de détente;

h. Le dispositif comporte plusieurs roues por-

tant chacune un jeu d'aubages cloisonné, toutes les roues coopérant avec un évaporateur unique ou avec autant d'évaporateurs que d'aubages, et avec autant de condenseurs que d'aubages.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

Par procuration :

HARLÉ & LÉCHOPREZ.

Fig. 1

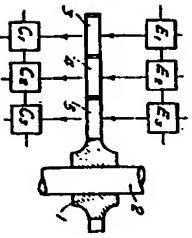


Fig. 4

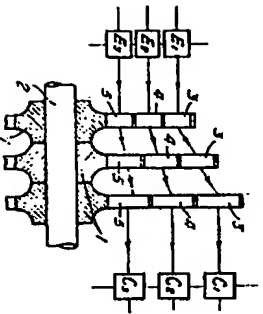


Fig. 5

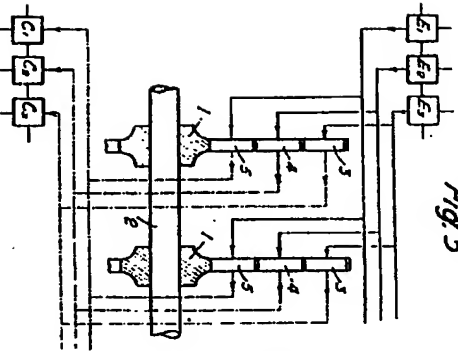


Fig. 3

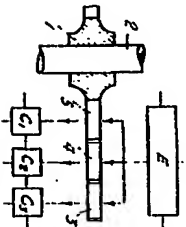


Fig. 8

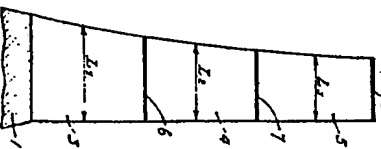


Fig. 9

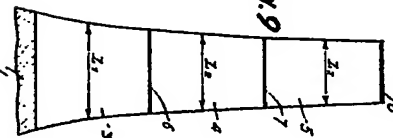


Fig. 2

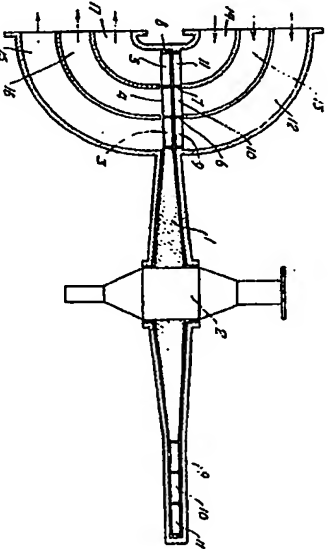


Fig. 6

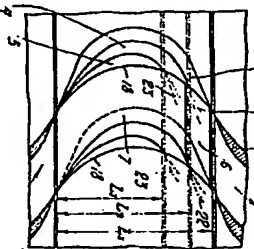


Fig. 7

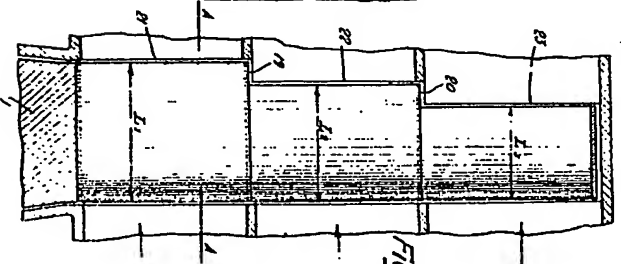


Fig. 1

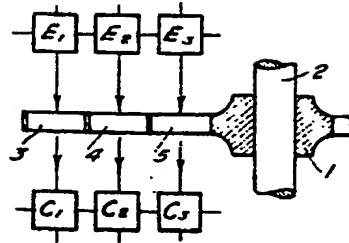


Fig. 3

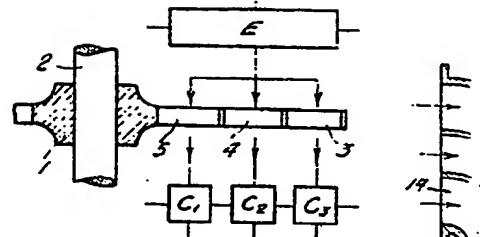


Fig. 4

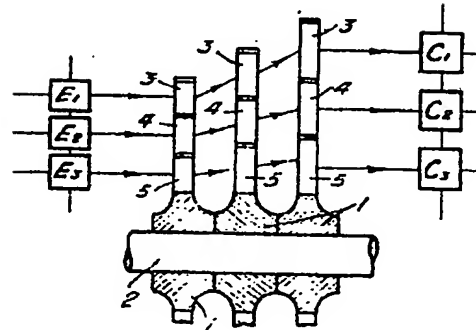


Fig. 8

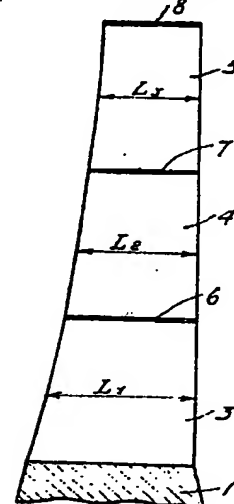


Fig. 5

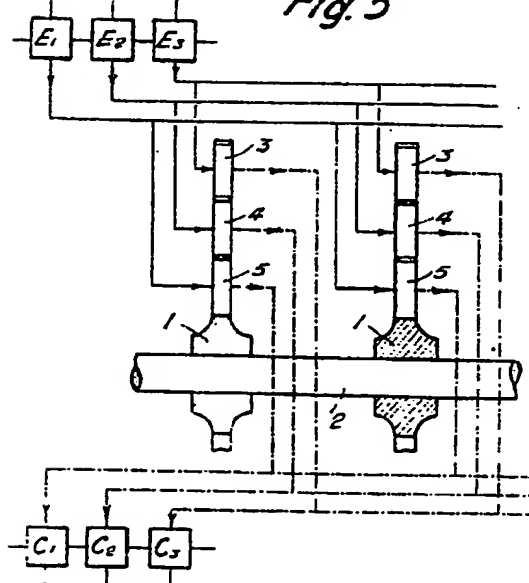
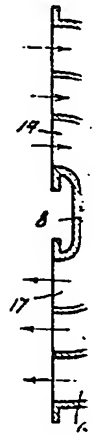
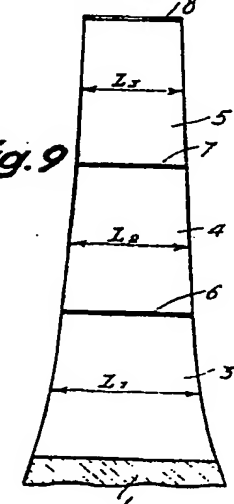


Fig. 9



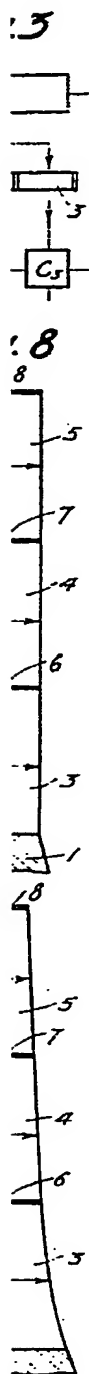


Fig. 2

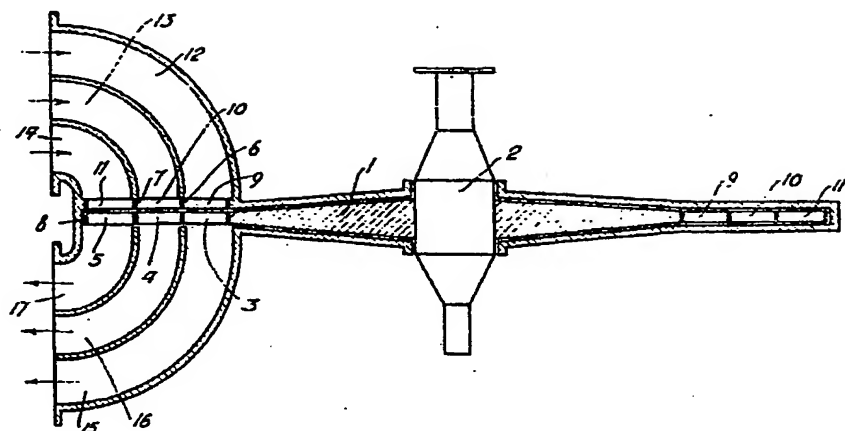


Fig. 6

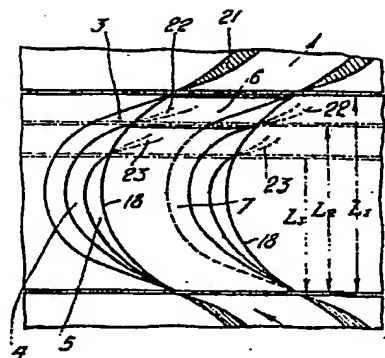


Fig. 7

